

DISPOSITIF POUR LE BROUILLAGE DE CONTENUS MULTIMEDIAS ET
AUDIOVISUELS DE TYPE MPEG-4

La présente invention concerne le brouillage de
5 n'importe quel programme ou séquence multimédia utilisant
un format de flux nominal de type MPEG-4 de façon à
réaliser par des utilisateurs autorisés, l'accès
conditionnel, la diffusion sécurisée, le contrôle de
10 l'enregistrement, de la copie privée et de la visualisation
de ces programmes ou séquences multimédias et propose un
système sécurisé pour le traitement, l'accès, la diffusion,
la livraison, l'enregistrement, la copie privée, la
visualisation et la gestion des droits de programmes et de
séquences vidéo ou multimédia interactifs.

15 Le problème général est de fournir un
dispositif capable de transmettre de façon sécurisée un
ensemble de films de haute qualité visuelle à un format de
type MPEG-4 en direct vers un écran de télévision et/ou
pour être enregistré sur le disque dur d'un boîtier reliant
20 le réseau de télétransmission à un écran de type moniteur,
écran de télévision, vidéo projecteur ou écran de cinéma
tout en préservant la qualité audiovisuelle mais en évitant
toute utilisation frauduleuse comme la possibilité de faire
des copies pirates de films ou de programmes audiovisuels
25 enregistrés sur le disque dur du boîtier décodeur.

L'invention permet également un contrôle total
de l'utilisation des copies et des droits attachés aux
œuvres ainsi distribuées.

Avec les solutions actuelles, il est possible
30 de transmettre des films et des programmes audiovisuels
sous forme numérique via des réseaux de diffusion de type
hertzien, câble, satellite, etc. ou via des réseaux de
télécommunication type DSL (Digital Subscriber Line) ou BLR

(boucle locale radio), via des réseaux DAB (Digital Audio Broadcasting) ou via des réseaux de télécommunications numériques (GSM, GPRS, UMTS). Par ailleurs, pour éviter le piratage des œuvres ainsi diffusées, ces dernières sont
5 souvent cryptées par divers moyens bien connus de l'homme de l'art.

On connaît dans l'état de la technique :
brevet PCT WO00165762 décrivant un système d'accès
conditionnel dans lequel une tête de station émet
10 contenu vers un ou plusieurs récepteurs dans des flux de
transport cryptés. Ce système offre une architecture à
sécurité multicouche, qui rend ce système résistant à des
attaques de réexécution clé; Si une couche est contournée,
la couche suivante reste intacte. Une première couche
15 empêche l'enregistrement de clés cryptées en protégeant ces
clés cryptées des utilisateurs et en cryptant le chemin
partant du module d'accès conditionnel du récepteur et
allant au module de décryptage de transport; Une deuxième
couche empêche qu'on réexécute une clé enregistrée sur un
20 récepteur au niveau du module de décryptage de transport
d'un second récepteur; une troisième couche empêche un
utilisateur de décrypter des flux de transport sans le
module de cryptage en cryptant une seconde fois le flux
avant son passage dans quelque mémoire ou quelque
25 processeur accessible par un utilisateur. Des tableaux
d'événement sont transmis avec le flux de transport non
crypté pour une utilisation immédiate ou crypté, de façon
à empêcher une utilisation non autorisée.

L'inconvénient principal de cette solution est
30 qu'il faut transmettre non seulement les données cryptées
vers les utilisateurs, mais également les clés de
décryptage. La transmission des clés de décryptage pouvant
se faire avant, en même temps ou après la transmission des

programmes audiovisuels. Pour augmenter la sécurité et donc la protection des œuvres audiovisuelles contre une utilisation mal intentionnée, les clés de décryptage ainsi que les fonctions de décryptage des décodeurs audiovisuels peuvent comporter des moyens de sécurité améliorés comme des cartes à puces ou autres clés physiques qui peuvent en option, être mises à jour à distance.

Ainsi, les solutions actuelles appliquées à un boîtier décodeur avec possibilité d'enregistrement local de programmes audiovisuels sous forme numérique sur un support quelconque de type disque dur ou autre type de mémoire, offrent à un usager mal intentionné, la possibilité de faire des copies non autorisées des programmes ainsi enregistrés, puisqu'à un moment donné, cet usager possède avec son boîtier décodeur numérique, associé ou pas à des systèmes de cartes à puce, toutes les informations, programmes logiciels et données permettant le décryptage complet des programmes audiovisuels. En raison justement du fait qu'il possède toutes les données, l'usager mal intentionné aura la possibilité de faire des copies illégales sans que personne ne s'aperçoive de cette copie frauduleuse au moment où elle est faite.

Une solution consisterait donc à transmettre tout ou partie d'un programme audiovisuel numérique uniquement à la demande (services de vidéo à la demande) à travers un réseau de télécommunication large bande de type ADSL, câble ou satellite, sans autoriser l'enregistrement local des programmes audiovisuels. Le document WO0011871 (Open Entertainment) propose ainsi une solution de distribution de fichiers multimédia sur requête de l'utilisateur. Son inconvénient provient des performances de ces réseaux qui ne permettent pas de garantir des flux continus de quelques mégabits par seconde à chaque usager,

comme exigé par les flux MPEG-4 qui nécessitent des bandes passantes de quelques dizaines de kilobits à plusieurs mégabits par seconde.

Dans ces conditions, une solution consiste à
5 séparer le flux en deux parties dont aucune ne serait utilisable seule. Dans cette optique plusieurs brevets ont été déposés. Ainsi, on connaît par le document WO09908428 un procédé de traitement multi-applicatif d'un terminal actif localisable dans lequel on réalise au moins une
10 liaison avec un programme identifiable dédié à l'exécution d'une application, ledit programme dictant ses conditions d'exploitation au terminal pour la mise à disposition des fonctions. Le terminal dialogue ponctuellement, par l'emploi d'une liaison, avec le centre de gestion pour la
15 réalisation, si nécessaire, des entrées et sorties des capacités de ce dernier, le centre de gestion devenant esclave ou non du terminal au niveau de l'applicatif vis-à-vis du programme entrant. Cette invention concerne également le procédé d'identification du programme et du
20 terminal en exploitation. Ce procédé de l'art antérieur divise le flux en une partie servant à identifier l'utilisateur et une partie qui contient le programme à proprement parler. En particulier, ledit programme n'est pas inutilisable mais seulement verrouillé par la première
25 partie.

D'autre part, le document EP0778513 décrit un procédé permettant de prévenir l'utilisation illégale d'une information en y ajoutant une information de contrôle afin de vérifier les droits de l'utilisateur. Le système permet
30 de savoir en permanence quelle partie de l'information est utilisée et par quel utilisateur et par là de savoir si cet utilisateur est en position illégale ou pas. Ce procédé

sécurise donc les données en y ajoutant des informations additionnelles qui dénaturent l'information initiale.

Une autre solution connue par l'art antérieur est le document US4916737 qui propose un système d'embrouillage et de désembrouillage de flux audiovisuels, utilisant des solutions d'embrouillage classiques, mais qui change régulièrement les clés ou tables de désembrouillage par le biais d'une connexion téléphonique à un serveur, identifiant le code approprié à chaque équipement destinataire. L'intérêt de ce procédé est de changer régulièrement les clés (tables) de désembrouillage, stockées dans la mémoire réinscriptible de l'équipement destinataire, contrairement à un système où lesdites clés seraient fixes. Une fois par mois, le serveur se connecte au boîtier décodeur du client, l'identifie et réécrit les nouvelles tables.

Cette invention ne revendique aucun moyen de protection innovateur, la protection se base sur des clés de cryptage qui quoique réinitialisées périodiquement, restent les mêmes pour tous les flux visuels. Dans le cas où une personne mal intentionnée récupère ces clés, elle pourra visualiser tous les flux visuels pendant leur période de validité. De plus, le procédé de ce document s'applique aux systèmes de large diffusion de programmes télévisés, les films protégés étant désembrouillés et visualisés en temps réel sur l'équipement client, et n'est donc pas applicable sur des services de vidéo à la demande, vu que la possibilité de stocker les films protégés sur l'équipement destinataire n'est pas traitée.

Le document WO0049483 propose un procédé pour créer un lien entre les utilisateurs et un éditeur d'entités numérisées. Le procédé comprend l'une au moins des étapes suivantes : l'étape de subdiviser ladite entité numérisée en deux parties ; l'étape de mémoriser une partie dans une zone

mémoire d'un serveur connecté à un réseau informatique ; l'étape de transmettre l'autre partie à au moins un utilisateur disposant d'un équipement informatique ; l'étape de connecter ledit équipement informatique audit réseau informatique ; l'étape d'établir un lien fonctionnel entre ladite première partie et ladite deuxième partie. Ces procédés et systèmes ne spécifient pas si la partie mémorisée sur le serveur peut être stockée par l'utilisateur ce qui permettrait à celui-ci de pirater ladite entité numérisée.

Le brevet W00197520 présente également des méthodes, des procédés et des dispositifs pour contrôler la transmission et l'enregistrement des contenus numérisés de type MPEG-2. Toutefois, ce brevet ne présente aucune spécificité pour les documents audiovisuels de type MPEG-4. De plus, la méthode est totalement inefficace pour les réseaux de télécommunication bas débit car elle substitue tout ou partie des images I dont le poids en octets est très coûteux lors de la transmission du deuxième flux.

Enfin, dans cette approche, l'état de la technique le plus proche se retrouve dans les brevets d'HyperLOCK Technologies dont le plus pertinent est le document US05937164. Cette invention utilise la solution qui consiste à séparer le flux en deux parties dont la plus petite détient une information nécessaire à l'utilisation de la plus grande. Cependant, ce brevet n'est pas suffisant pour répondre au problème identifié. En effet, la suppression d'une partie du flux dénature le format du flux, et ne peut donc pas être reconnu comme un flux standard, exploitable avec des applications logicielles générales. Ce procédé de l'art antérieur nécessite à la fois un logiciel spécifique côté serveur, pour la séparation des deux parties, et un autre logiciel spécifique assurant non

seulement la reconstruction du flux, mais également l'acquisition du flux principal et son exploitation selon un format propriétaire à la solution. Ce format propriétaire n'est pas le format initial du flux avant séparation en deux parties, dans cette solution connue.

Cette société a également déposé trois autres brevets : le document US5892825 reprend le brevet précédent mais dans un cadre moins large car les flux y sont toujours cryptés ; le document US6035329 repose sur le même principe, il concerne un procédé permettant la lecture d'un disque de type CD-ROM ou DVD-ROM conditionnellement à l'identification des droits par l'insertion d'une carte à puce sur laquelle les informations nécessaires à la lecture sont stockées. Ce procédé n'est encore pas suffisant pour notre problème car il ne garantit pas que le flux modifié soit du même format que le flux originel. Enfin, le document US6185306 concerne un procédé de transmission de données cryptées depuis un site Web vers un ordinateur demandeur. Ce procédé permet cependant à l'utilisateur de disposer à un moment donné de tous les outils nécessaires pour copier les données.

L'art antérieur connaît également le document EP0949815 qui porte sur un procédé et un système de protection de flux vidéo de type MPEG, comprenant des modules de décodage, des tables d'arrangement et de réarrangement, et qui consiste à inverser ou permuter l'ordre des macroblocs ou des slices (tranches) dans les images, afin de dégrader la qualité visuelle du flux résultant, réalisant ainsi la protection de ce flux, et garantissant que le flux résultant respecte la norme du flux d'origine, permettant ainsi de lire le flux protégé sur tout lecteur capable d'accepter le format d'origine sans être perturbé ou endommagé. Une première réalisation comporte la table d'arrangement de protection stockée sur le module

fabriquant le flux protégé, et une table de réarrangement adéquate se trouvant sur le module de décryptage. Une autre variante est de construire à partir de la table de protection une table de réarrangement qui est ensuite
5 envoyée au module de décryptage en même temps que les données embrouillées. Une troisième variante consiste en ce que le module de décryptage fabrique la table de réarrangement à partir d'informations de la table d'arrangement envoyée par le système de cryptage.

10 Cependant, le procédé s'appliquant uniquement à des flux MPEG contenant de la vidéo naturelle, ne fait pas référence à des flux de type MPEG-4. La variante de cette invention qui permute des « slices » n'est pas applicable à des flux de type MPEG-4 car la structure « slice » n'existe
15 pas dans les flux de type MPEG-4. De plus, aucune mention n'est faite concernant la protection de vecteurs de mouvement.

Cette invention ne répond pas complètement aux
20 problèmes de la sécurité, elle propose une solution de brouillage classique, effectuant la permutation d'éléments constituant le flux vidéo, mais le flux protégé contient tous les éléments le constituant, qui est envoyé intégralement à l'utilisateur. Si une personne mal
25 intentionnée prend possession des tables d'arrangement ou de réarrangement, le flux peut être désembrouillé. De plus, les données protégées et les tables d'arrangement ou les tables de réarrangement sont envoyées en par la même voie que le flux initial protégé, voire dans une variante les
30 données protégées et l'information pour les tables de réarrangement sont envoyées par la même voie et en même temps.

Afin de corriger ces différents défauts, l'invention concerne un procédé pour la distribution de séquences vidéos selon un format de flux nominal constitué de données représentant une succession de scènes
5 audiovisuelles constituées d'objets audiovisuels hiérarchisés selon un script décrivant leurs relations spatiales et temporelles comprenant chacune au moins un plan P comme c'est le cas avec la norme MPEG-4.

Comme cela est bien connu par l'homme de l'art,
10 la norme MPEG-4 introduit en effet la notion d'Objet Vidéo (VO pour « Video Object »), par exemple un personnage ou une voiture qui passe, dans le cas plus simple le VO étant un objet rectangulaire. La norme MPEG-4 introduit également la couche d'objet vidéo (VOL). Cette dernière est composée
15 de Groupes de Plans d'Objet Vidéo (GOV) qui contiennent plusieurs Plans d'Objet Vidéo (VOP), qui représentent un objet vidéo à un moment donné.

Cette décomposition en objet facilite grandement l'interactivité, et il devient plus facile
20 d'obtenir des informations sur un objet (le joueur ou la voiture qui passe).

Le principe de base de la compression MPEG-4 repose sur le contenu. Il faut alors séparer le fond des objets animés. Une des caractéristiques de MPEG-4 est de
25 bien séparer les objets et le fond d'une scène, pour ensuite en tirer des avantages pour la compression et les fonctionnalités supplémentaires que cela entraînera. Cela permet lors d'un panoramique par exemple de ne transmettre qu'une seule fois le fond complet et d'envoyer séparément
30 les objets animés.

Une scène audiovisuelle codée MPEG-4, est décrite comme un ensemble d'éléments individualisés et indépendants. Elle contient des composants de base

regroupés par type. Ces groupes correspondent aux branches d'un arbre de découpage où chaque feuille représente un élément simple de base. Ainsi, une scène audiovisuelle de type MPEG-4 doit être comprise comme la composition d'objets audiovisuels selon un script décrivant leurs relations spatiales et temporelles. Les fonctionnalités de MPEG-4 nécessitent un environnement de représentation ou une architecture qui utilise une structure de données différentes de MPEG-1 et MPEG-2, parce que des parties significatives de l'information visuelle doivent être accessibles pour l'interaction et la manipulation. Dans la suite du texte, le terme VOP (Video Object Plan) correspond à un composant vidéo de forme arbitraire. Le plan de définition VOP a pour tâche de définir les objets significatifs de la scène avec lesquels des interactions et des manipulations indépendantes seront possibles. Ceci signifie que ces objets sont représentés de façon à fournir un accès simple et de préférence indépendant des autres objets de la scène. Toutefois, les différents VOPs n'ont pas nécessairement les mêmes résolutions spatiales et temporelles.

De plus, pour augmenter les possibilités de manipulation, des hiérarchies de VOPs associés à différents degrés d'accessibilité sont également prises en compte.

Tout cela permet à l'utilisateur de pouvoir interagir avec les objets de la scène. Voici quelques manipulations possibles :

Modification de la position spatiale d'un objet (VOP) dans la scène

Application d'un facteur d'échelle spatiale à un objet de la scène

Changement de la vitesse avec laquelle un objet se déplace dans la scène

Ajout d'objets

Suppression d'un objet de la scène

Dans la norme MPEG-4, les informations relatives à la forme, au mouvement et à la texture des VOPs sont codées dans des couches VOL (Video Object Layer) séparées afin de permettre le décodage séparé des VOPs. Avec MPEG-4, l'image rectangulaire n'est qu'un cas particulier de codage de multiples VOPs comme image de forme arbitraire.

Le MPEG-4 VM (MPEG-4 Video Verification Model) utilise un algorithme identique pour coder des informations relatives à la forme, le mouvement et la texture dans chaque couche. Cependant, l'information concernant la forme n'est pas transmise si la séquence à coder ne contient que des images standard de taille rectangulaire. Dans ce cas, l'algorithme de codage vidéo MPEG-4 à une structure similaire aux algorithmes MPEG-1 et MPEG-2. Cela convient à des applications qui requièrent une grande efficacité de codage sans nécessiter des fonctionnalités étendues basées sur le contenu.

L'algorithme de compression MPEG-4 VM est basé sur la technique hybride des DPCM/Transform déjà employée par les normes MPEG-1 et MPEG-2.

Le premier VOP de chaque GOV est codé en mode I. Chacune des images suivantes est codée en utilisant la prédiction inter-image (P-VOP). Seules les données de la plus proche image précédemment codée sont utilisées pour la prédiction. A cela s'ajoute le support des B-VOP. Le procédé de codage est le même que celui des standard MPEG-1 et MPEG-2.

En général, les images en entrée qui doivent être codées pour chaque couche VOP sont de forme arbitraire et la position et la forme des images varient dans le temps

en respect d'une fenêtre de référence. MPEG-4 VM introduit alors le concept de fenêtre de référence VOP avec une grille de macrobloc adaptable à la forme. Toutes les couches VOL qui doivent être codées pour une séquence vidéo en entrée sont définies par rapport à la fenêtre de référence dont la taille est constante.

L'information sur la forme d'un VOP est codée avant le codage des vecteurs de position basés sur la grille de macrobloc du VOP et est exploitable aussi bien pour l'encodage que pour le décodage. Dans les étapes suivantes du processus, seules les informations concernant le mouvement et la texture des blocs du macrobloc sont codées (ce qui comprend les macroblocs standard et les macroblocs de contour).

L'invention concerne selon son acception la plus générale un procédé pour la distribution de séquences vidéos selon un format de flux nominal destiné à décrire une pluralité de scènes audiovisuelles, chaque scène étant constituée d'une pluralité d'objets audiovisuels hiérarchisés et d'un descripteur de ladite hiérarchie et des relations spatiales et temporelles entre lesdits objets, chaque objet vidéo comprenant au moins un plan numérique P, caractérisé en ce que l'on procède, avant la transmission à l'équipement client, à une analyse du flux pour générer un premier flux modifié, présentant le format d'un flux nominal, et un deuxième flux d'un format quelconque, comportant les informations numériques aptes à permettre la reconstruction desdits plans modifiés, puis à transmettre séparément les deux flux ainsi générés depuis le serveur vers l'équipement destinataire, et en ce que l'on calcule sur l'équipement destinataire une synthèse d'un flux au format nominal en fonction dudit premier flux et dudit deuxième flux.

Avantageusement, ladite synthèse produit un flux rigoureusement identique au flux originel, c'est-à-dire que le procédé est sans perte.

5 Dans un mode de réalisation particulier de ce procédé, chaque objet vidéo comprend au moins un plan N, les données représentant ledit plan étant calculées en fonction des différences entre ledit plan N et au moins un autre plan.

10 Avantageusement, ledit premier flux présente des plans N modifiés.

Selon un mode de mise en œuvre de ce procédé, les données d'au moins un plan N sont calculées par compensation de mouvement dudit plan N par rapport au plan N précédent. Le plan N est alors appelé plan P (prédit).

15 Selon un autre mode de mise en œuvre de ce procédé, les données d'au moins un plan N sont calculées par compensation de mouvement dudit plan N par rapport aux plans N ou P précédent et suivant. Le plan N est alors appelé plan B (bidirectionnel).

20 Avantageusement, le format de flux nominal est défini par la norme MPEG-4.

Dans un mode de réalisation de ce procédé, ledit premier flux présente des plans P modifiés.

25 Dans un autre mode de réalisation de ce procédé, ledit premier flux présente des plans B modifiés.

Pour l'homme de l'art, les flux Vidéo de type MPEG-4 se décomposent sous la forme d'une succession de plan I, P, B ou S. Les plans I sont dits Intra. Ce sont les plans de référence, de taille élevée, ils ne contiennent pas d'information liée au mouvement. Les plans P sont dits prédits. Ils sont liés aux plans les précédant (plans I et/ou P) par des vecteurs de mouvement dans une seule

30

direction, dite en-avant ou « Forward ». Les plans B sont dits bidirectionnels. Ils sont liés aux plans I et/ou P les précédant et les suivant par des vecteurs de mouvement dans les deux directions (en-avant et en arrière ou
5 « Backward »).

De plus, une des caractéristiques de la norme MPEG-4 consiste à décomposer une scène vidéo en objets vidéo différents, l'arrière-plan pouvant être alors non corrélé des autres objets vidéo et encodé sous forme de
10 plan appelé Sprite (S-VOP). Ces plans peuvent être statiques ou mobiles. Dans ce dernier cas, on parle alors de plan S-GMC pour « global motion compensation », ces plans mobiles contiennent aussi de l'information liée au mouvement.

15 L'unité de base pour appréhender le mouvement dans un plan est le Macrobloc, qui correspond généralement à un bloc de 16x16 pixels de l'image (dans des cas précis la taille peut être différente, mais cela ne gêne en rien l'invention). Chaque Macrobloc contient obligatoirement un
20 type parmi les cinq types différents possibles : « Inter », « Inter+Q », « Inter4v », « Intra » ou « Intra+Q »). Chaque Macrobloc contient également d'autres données nécessaires pour décoder les informations qui suivent. Ces données sont des Vecteurs de mouvement différentiels et des blocs de
25 luminance et de chrominance (4 blocs Y, 1 bloc Cb et 1 bloc Cr), qui contiennent chacun les coefficients DC et AC différentiels, s'ils existent. Ils sont utilisés pour reconstruire les coefficients DC et AC du bloc courant. Le
30 coefficient DC représente la composante continue issue de la transformation en cosinus discrète des valeurs des pixels du bloc. Les coefficients AC représentent une ou plusieurs fréquences spatiales horizontales et/ou verticales non nulles.

Les vecteurs de mouvement sont reconstitués au niveau du décodeur à partir des valeurs différentielles de vecteur de mouvement issues du flux. Ces valeurs sont encodées en VLC dont les valeurs autorisées sont normalisées. Elles sont les seules valeurs issues du flux permettant de retrouver les vecteurs de mouvement.

Chacune de ces valeurs est décodée en fonction du type de mouvement du plan auquel elle appartient. Il s'agit de Forward, Backward et Direct. Dans chaque cas, le vecteur de mouvement différentiel est décrit par deux valeurs (en pixels), la première correspond au déplacement horizontal, la deuxième au déplacement vertical.

Dans les cas Forward et/ou Backward, il est possible d'avoir des valeurs résiduelles pour les données horizontales et verticales, en fonction de la configuration du flux. Ces valeurs résiduelles sont elles aussi utilisées pour reconstruire le vecteur de mouvement complet. Ce n'est pas le cas pour le mode Direct, qui est utilisé uniquement pour les plans B et qui permet d'obtenir à l'aide d'un seul vecteur de mouvement différentiel, une compensation de mouvement bidirectionnelle directe.

En fonction du flux, il peut y avoir plusieurs valeurs différentielles successives, notamment dans le cas où le flux est entrelacé et que l'on a une prédiction de champ (« field prediction »), auquel cas on a deux valeurs successives de vecteur de mouvement différentiel. Pour les plans S-GMC ou les plans P (avec Macroblocs codés en « Inter » ou « Inter+Q ») on a un seul vecteur de mouvement différentiel voire deux si le flux est entrelacé et en prédiction de champ. Pour les plans P avec Macroblocs codés en « Inter4v », on a une valeur de vecteur de mouvement pour chaque bloc de luminance non transparent, soit jusqu'à quatre valeurs différentes. Dans le cas d'un plan B, chaque

Macrobloc est susceptible de contenir deux vecteurs de mouvement différentiels, un Forward et un Backward. Si en plus le flux est entrelacé et qu'on a une prédiction de champ, alors on a quatre vecteurs de mouvement différentiels.

Dans le cas des Blocs Binaires Alpha qui sont présents dans les flux Vidéo dont la forme n'est pas rectangulaire, des vecteurs de mouvement différentiels peuvent aussi être décodés. Il n'y a qu'un seul vecteur de mouvement différentiel dans chaque BAB. Les BAB ou Binary Alpha Blocs sont des groupes de 16x16 pixels issus du découpage du rectangle de limitation mise en place pour le codage de forme pour l'objet vidéo, Les valeurs horizontales et verticales sont codées en VLC et les valeurs autorisées sont normalisées.

Avantageusement les flux vidéo contiennent des vecteurs de mouvement différentiels, dont la transformation permet de protéger efficacement le flux, en le rendant difficilement acceptable de point de vue visuel pour l'œil humain, tout en assurant sa visualisation sur tout lecteur de type MPEG-4.

Exemples de réalisation

Transformer ces valeurs tout en respectant les codes VLC autorisés permet de très fortement pervertir le rendu d'un flux vidéo. Les effets visuels sont multiples : séparation ou superposition d'objets, tremblements de l'image, effet de liquéfaction, ou de pixellisation, inversion du mouvement, le tout rendant la visualisation du flux très pénible pour l'œil humain. Avantageusement, ladite analyse décide des vecteurs de mouvement différentiels à modifier en fonction de la taille voulue pour ledit deuxième flux et de la dégradation désirée pour ledit premier flux modifié ; ces modifications peuvent

être : remplacer des vecteurs de mouvement différentiels d'un plan P par des vecteurs de mouvement différentiels d'un autre plan P, intervertir deux vecteurs de mouvement différentiels d'un même plan P, intervertir deux vecteurs de mouvement différentiels de deux plans P du même flux, remplacer des vecteurs de mouvement différentiels d'un plan P par des valeurs aléatoires, inverser la valeur d'un ou plusieurs bits bien choisis de la valeur des vecteurs de mouvement différentiels d'un plan P.

10 Selon une mise en œuvre particulière de ce procédé, au moins un plan B est modifié de la même façon que les plans P.

Avantageusement, ladite analyse décide des plans P, B et S à modifier en fonction de la taille voulue pour ledit deuxième flux et du niveau de dégradation désiré pour ledit premier flux modifié.

15 S'il y a des plans P et B, un plan N est nécessairement de type P ou de type B.

Dans une mise en œuvre particulière de ce procédé, la transmission dudit premier flux est réalisée à travers un support matériel distribué physiquement comme un CD-ROM, un DVD, un disque dur ou une carte à mémoire de type mémoire flash par exemple.

20 Dans une autre mise en œuvre de ce procédé, la transmission dudit premier flux est réalisée à travers un réseau large bande (câble, satellite, fibre optique, hertzien, DSL, DAB).

25 Selon la mise en œuvre de ce procédé, la transmission dudit deuxième flux est réalisée à travers un réseau câblé, à travers un réseau téléphonique commuté (RTC analogique ou numérique), à travers un réseau téléphonique mobile utilisant les normes GSM, GPRS ou UMTS, à travers un

30

réseau BLR (boucle locale radio) ou à travers un réseau de type DSL.

Selon une variante particulière de ce procédé, la transmission dudit deuxième flux est réalisée à travers un réseau large bande de même type que le réseau utilisé par ledit premier flux, voire à travers le même réseau.

Selon une variante particulière de ce procédé, la transmission dudit deuxième flux est réalisée au moyen d'une carte mémoire de type mémoire flash ou au moyen d'une carte à puce.

Avantageusement, la transmission d'un des deux flux ou des deux flux est chiffrée.

Selon la mise en œuvre de ce procédé, les deux flux générés peuvent être destinés à un seul équipement, à un groupe d'équipement ou à tous les équipements.

Selon un mode de réalisation particulier, la reconstruction est conditionnée par une transaction.

La reconstruction peut également être autorisée pour une consultation d'une copie privée demandée par le client.

De manière générale, le fait que la reconstruction soit conditionnée à l'autorisation du portail permet à tout opérateur du service de gérer tous les droits attachés aux œuvres audiovisuelles.

De plus, l'invention concerne un équipement pour la fabrication d'un flux vidéo en vue de la mise en œuvre de ce procédé comportant au moins un serveur multimédia contenant les séquences vidéos originelles et caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'analyse du flux vidéo provenant dudit serveur pour générer les deux flux.

Avantageusement, cet équipement comporte une mémoire pour l'enregistrement d'un marqueur « copie

privée » indiquant pour chaque séquence les droits de chaque utilisateur : copie privée pouvant être regardée un nombre illimité de fois, copie privée pouvant être regardée un nombre limité de fois et quel nombre, copie privée interdite.

En outre, l'invention concerne un équipement pour l'exploitation d'un flux vidéo en vue de la mise en œuvre de ce procédé comprenant un décodeur standard de flux, au moins une interface d'enregistrement (disque dur, mémoire type mémoire flash) destiné à stocker le contenu dudit premier flux et/ou un lecteur de disques (CD, DVD, etc.) et au moins une interface d'affichage (écran standard, écran sans fil, vidéoprojecteur) caractérisé en ce qu'il comporte un moyen pour la recomposition du flux originel à partir des deux flux.

Selon un mode de réalisation particulier, ledit moyen est une application logicielle installée sur l'équipement.

Selon un autre mode de réalisation, ledit moyen est un dispositif électronique fixe.

Selon un autre mode de réalisation, ledit moyen est un dispositif électronique portable (mobile) avec son écran incorporé.

Selon un mode de réalisation où l'équipement est installé sur un ordinateur, ledit moyen utilise une ressource spécifique au produit (carte) afin d'éviter la copie de l'information temporaire du deuxième flux sur un support permanent.

Avantageusement, ladite interface d'enregistrement stocke aussi un marqueur « copie privée » en relation avec ledit premier flux indiquant pour cette séquence les droits de l'utilisateur : copie privée pouvant être regardée un nombre illimité de fois, copie privée

pouvant être regardée un nombre limité de fois et quel nombre, copie privée interdite.

Avantageusement, l'équipement comprend un lecteur de cartes à puce permettant d'identifier l'utilisateur.

5 Avantageusement, l'équipement comprend un lecteur de cartes à puce, la carte à puce contenant les applications logicielles.

10 Avantageusement, l'équipement comprend un lecteur de cartes à puce, la carte à puce contenant les données dudit deuxième flux pour un contenu donné.

15 Enfin, l'invention concerne un système pour la transmission d'un flux vidéo caractérisé en ce qu'il comprend un équipement de production d'un flux vidéo, au moins un équipement d'exploitation d'un flux vidéo et au moins un réseau de communication entre l'équipement de production et le(s) équipement(s) d'exploitation.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un exemple non limitatif de réalisation qui suit, se référant aux dessins annexés où :

20 la figure 1 décrit l'architecture d'ensemble d'un système pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention

25 la figure 2 représente un mode de réalisation particulier du système d'analyse et de synthèse de flux conforme à l'invention

 la figure 3 représente un mode de réalisation particulier du système de synthèse de flux conforme à l'invention.

30 L'invention concerne un flux de données d'un format nominal, notamment mais non exclusivement un flux de type MPEG-4. Le format du flux audiovisuel utilisé doit avoir les caractéristiques suivantes :

ce format doit décomposer les données en trames [frame], chaque trame comprenant un plan I complet et au moins un plan P calculé en codant les différences (compensation de mouvement) entre ce plan et le plan I ou P précédent ;

Optionnellement, chaque trame comprend au moins un plan B calculé en codant les différences (compensation de mouvement) entre ce plan et les plans I et/ou P précédent et suivant.

L'invention concerne un flux de données d'un format nominal, notamment mais non exclusivement un flux de type MPEG-4. Le format du flux audiovisuel utilisé doit avoir les caractéristiques suivantes :

- ce format doit décomposer les données en trames [frame], chaque trame comprenant au moins un plan P;
- chaque plan P contient des vecteurs de mouvement différentiels entre les différents blocs et/ou macroblochs des plans P.

Dans la description qui suit, l'exemple concerne un flux MPEG-4 sans que cela ne constitue une limitation de la portée de la protection.

Le principe général d'un procédé de sécurisation d'un flux vidéo est exposé ci-après. L'objectif est d'autoriser les services de vidéo à la demande et à la carte à travers tous ces réseaux de diffusion et l'enregistrement local dans le boîtier décodeur numérique de l'utilisateur. La solution consiste à conserver en permanence à l'extérieur de l'habitation de l'utilisateur, en fait dans le réseau de diffusion et de transmission, une partie du programme audiovisuel enregistré, cette partie étant primordiale pour visualiser ledit programme audiovisuel sur un écran de télévision ou de type moniteur, mais étant d'un volume très faible par

rapport au volume total du programme audiovisuel numérique enregistré chez l'utilisateur. La partie manquante sera transmise via le réseau de diffusion transmission au moment de la visualisation dudit programme audiovisuel numérique
5 préenregistré chez l'utilisateur.

La plus grande partie du flux audiovisuel sera donc transmise via un réseau de diffusion classique alors que la partie manquante sera envoyée à la demande via un réseau de télécommunication bande étroite comme les réseaux
10 téléphoniques classiques ou les réseaux cellulaires de type GSM, GPRS ou UMTS ou en utilisant une petite partie d'un réseau de type DSL ou BLR, ou encore en utilisant un sous-ensemble de la bande passante partagée sur un réseau câblé.

Sur le dessin en annexe, la figure 1 est un
15 schéma de principe d'un système de distribution selon la présente invention.

La figure 2 représente un mode de réalisation particulier du système d'analyse et de synthèse de flux conforme à l'invention.

20 La figure 3 représente un mode de réalisation particulier du système de synthèse de flux conforme à l'invention.

Sur la figure 1, l'agencement d'interfaçage vidéo (8) est adapté pour relier au moins un dispositif
25 d'affichage, par exemple un moniteur, un vidéo projecteur ou un dispositif de type écran de télévision (6), à au moins une interface de réseau de transmission et de diffusion large bande (4) et à au moins une interface de réseau de télécommunication (10). Selon la présente
30 invention, cet agencement est composé d'un module (8) comprenant principalement, d'une part, une unité de traitement adaptée pour traiter, en particulier décoder et désembrouiller tout flux vidéo de type MPEG-4 selon un

programme logiciel de décodage et désembrouillage pré-chargé, de manière à l'afficher, en temps réel ou différé, de le stocker, de l'enregistrer et/ou de l'envoyer sur un réseau de télécommunication et, d'autre part, au moins une interface d'écran (7) et une interface de connexion à un réseau local ou étendu (5) et/ou (9). Le réseau de transmission et de diffusion large bande (4) et le réseau de télécommunication (10) pouvant être confondus en un seul réseau.

10 Le disque dur du module (8) peut être utilisé comme mémoire tampon pour stocker momentanément au moins une partie du programme ou de la séquence vidéo à afficher, en cas de visualisation différée ou de limitation dans la bande passante du réseau de transmission. La visualisation
15 peut être retardée ou différée à la demande de l'utilisateur ou du portail (12).

Comme le montre la figure 1, l'interface de connexion (5) est reliée à un réseau de transmission et de diffusion large bande (4) telle qu'un modem, un modem
20 satellite, un modem câblé, d'une interface de ligne à fibre optique ou d'une interface radio ou infrarouge pour la communication sans-fil.

C'est par cette liaison classique de diffusion vidéo que seront transmis les contenus des programmes audiovisuels comme des films. Toutefois, de façon à ne pas
25 laisser faire de copies pirates, avant de transmettre le contenu audiovisuel depuis le serveur (1) ou le portail (12) il est prévu de conserver une petite partie du contenu audiovisuel dans le portail (12).

30 En cas de visualisation d'un programme audiovisuel en temps réel, cette petite partie du contenu audiovisuel conservée dans le portail (12) sera également

envoyée au module (8) via le réseau de télécommunication (10).

Comme les plans successifs d'une séquence vidéo comportent un grand nombre d'éléments visuels identiques (comme en cinéma, une image ressemble à la précédente), MPEG-4 n'enregistre que les éléments qui diffèrent du plan d'origine. On modifiera donc un plan entier de référence en conservant les modifications apportées aux vecteurs de mouvement différentiel dans le portail (12) et, pour les plans successifs qui dépendent de ce plan I de référence, il n'est pas nécessaire d'apporter des modifications puisqu'ils feront diverger le flux visualisé en raison des perturbations apportées aux plans P.

La compression MPEG-4 commence donc, dans un premier temps, par décomposer l'image en différentes matrices carrées comportant plusieurs points ou pixels, ayant chacun leur propre valeur colorimétrique. Un calcul permet d'obtenir une valeur moyenne pour chaque matrice au sein de laquelle chaque point est maintenant noyé. Ce traitement génère une pixellisation et l'apparition d'aplats uniformes, là où existaient des nuances de teinte. La deuxième étape de la compression MPEG-4 consiste à ne conserver d'un plan à l'autre que les éléments changeants.

Pour obtenir des images animées de type MPEG-4, le principe consiste à capter quelques images dans le temps, les images intermédiaires étant calculées à partir de celles-ci. L'analyse des plans de référence complets permet de prédire des plans intermédiaires P. Ensuite, on intercale entre plans de référence et plans prédits, des plans B.

La vidéo est représentée comme une succession de plans individuels, dont chacun est traité comme une matrice bi dimensionnelle d'éléments d'image (pixels). La

représentation des couleurs de chaque pixel comprend trois composantes: une composante de luminance Y et deux composantes de chrominance, Cb et Cr.

La compression de la vidéo numérisée est
5 réalisée par l'utilisation de plusieurs techniques: sous échantillonnage d'informations de chrominance pour s'adapter à la sensibilité du système visuel humain (HVS), quantification, compensation du mouvement (MC) pour exploiter la redondance temporelle, transformation dans le
10 domaine fréquentiel par la transformation en cosinus discrète (DCT) pour exploiter la redondance spatiale, codage à longueur variable (VLC) et interpolation d'images.

Le système visuel humain (HVS) étant le plus sensible à la résolution de la composante de luminance
15 d'une image, les valeurs de pixel Y sont codées à pleine résolution. Le système visuel humain est moins sensible aux informations de chrominance. Le sous-échantillonnage élimine les valeurs de pixels basées systématiquement sur la position, ce qui réduit la quantité d'informations à
20 compresser par d'autres techniques. La norme conserve un ensemble de pixels de chrominance pour chaque voisinage 2x2 de pixels de luminance.

L'unité de codage de base d'une image est le macrobloc. Les macroblocs de chaque image sont codés
25 successivement, de gauche à droite, et de haut en bas. Chaque macrobloc est composé de 6 blocs 8x8: quatre blocs de luminance, un bloc de chrominance Cb et un bloc de chrominance Cr. A noter que les quatre blocs de luminance couvrent la même zone de l'image que chacun des blocs de
30 chrominance, du fait du sous-échantillonnage des informations de chrominance, effectué pour adapter le codage à la sensibilité du système visuel humain.

Pour un macrobloc donné, la première opération est le choix du mode de codage qui dépend du type d'image, de l'efficacité de la prédiction compensée en mouvement dans la région codée, et de la nature du signal contenu dans le bloc. Deuxièmement, une prédiction compensée en mouvement du contenu du bloc, basée sur des images de référence antérieure ou future est formée. Cette prédiction est soustraite des données réelles du macrobloc courant, pour former un signal d'erreur. Troisièmement, ce signal d'erreur est divisé en 6 blocs 8x8 (4 blocs de luminance et 2 blocs de chrominance dans chaque macrobloc) à chacun desquels est appliquée une transformation en cosinus discrète. Le bloc 8x8 de coefficients DCT résultant est quantifié. Le bloc à deux dimensions qui en résulte est balayé en zigzag pour être converti en une chaîne unidimensionnelle de coefficients DCT quantifiés. Quatrièmement, les informations annexes du macrobloc (type, vecteurs, etc.) ainsi que les données des coefficients quantifiés sont codées. Pour obtenir une efficacité maximale, un certain nombre de tables de codage à longueur variable sont définies pour les différents éléments de données. Un codage des longueurs de plage est appliqué aux données des coefficients quantifiés.

Le coefficient DCT du point (0,0) supérieur gauche du bloc représente une fréquence horizontale et verticale nulle: il est appelé coefficient DC (continu). Le coefficient DC étant proportionnel à la valeur moyenne des pixels du bloc 8x8, le codage prédictif permet une compression supplémentaire, car la différence des valeurs moyennes des blocs 8x8 voisins tend à être relativement petite. Les autres coefficients représentent une ou plusieurs fréquences spatiales horizontales et/ou verticales non nulles et sont appelés coefficients AC. Pour

que le niveau de quantification des coefficients correspondants aux fréquences spatiales élevées favorise la création d'un coefficient nul, on choisit un pas de quantification tel que le système visuel humain (VHS) ait
5 peu de chance de percevoir la perte de la fréquence spatiale concernée, sauf si la valeur du coefficient se trouve au-dessus de ce niveau de quantification. Le codage statistique des plages prévues de coefficients d'ordre élevé consécutifs de valeur nulle, contribue
10 considérablement au gain de compression. Pour regrouper les coefficients non nuls au début de la série et pour coder autant de coefficients nuls que possible à la suite du dernier coefficient non nul, leur séquence est donnée par un balayage en zigzag qui concentre les fréquences
15 spatiales élevées à la fin des séries.

Le codage à longueur variable (VLC) est une technique de codage statistique qui affecte des mots de code aux valeurs à coder. Des mots de code courts sont affectés aux valeurs de fréquence d'occurrence élevée, et
20 des mots de code longs à celles d'occurrence peu fréquente. En moyenne, les mots de code courts plus fréquents sont majoritaires, en sorte que la chaîne codée est plus courte que les données d'origine.

L'invention consiste à utiliser et à modifier
25 les vecteurs de mouvement différentiels des plans P et/ou B et/ou S, afin de pouvoir manipuler l'aspect et la validité visuelle de la séquence à laquelle appartiennent les plans en question.

Selon un mode de réalisation particulier, le
30 flux MPEG-4 (101) complet est analysé par le dispositif d'analyse (121) du portail (12) ; tous les plans P sont analysés en vue de trouver chacun de leurs vecteurs de mouvement différentiels. Pour chaque valeur trouvée, le

système procède à sa sauvegarde dans le tampon (123) du portail (12), et elle est remplacée dans le flux par la valeur maximale autorisée par la norme, identiquement pour chaque valeur trouvée. Le flux transformé est stocké dans le tampon de sortie (122), sa taille est différente du flux d'origine (101), mais il est parfaitement lisible par n'importe quel lecteur (8) capable de lire le flux d'origine (101).

Selon un mode de réalisation particulier, tous les plans P du flux MPEG-4 (101) complet sont analysés par le dispositif d'analyse (121) du portail (12) en vue de trouver chacun de leurs vecteurs de mouvement différentiels. Pour diminuer la taille des données sauvegardées, on ne transformera que les vecteurs de mouvement différentiels d'un Macrobloc sur deux ou trois. Le moyen de retrouver les plans qui ont été modifiés sera conservé dans le tampon (123) du portail (12) avec les valeurs d'origines des vecteurs de mouvement différentiels transformés.

Selon un mode de réalisation particulier, tous les plans P du flux MPEG-4 (101) complet sont analysés par le dispositif d'analyse (121) du portail (12) en vue de trouver chacun de leurs vecteurs de mouvement différentiels. Afin d'avoir un flux transformé de taille identique au flux MPEG-4 d'origine (101) au niveau du tampon de sortie (122), on ne transformera qu'un certain nombre de bits dans le code VLC représentant la valeur traitée, de sorte que le code VLC résultant soit respectueux de la norme, et que la nouvelle valeur soit suffisamment éloignée de l'originale afin que la transformation soit la plus efficace possible.

Selon un mode de réalisation particulier, une partie seulement des plans du flux MPEG-4 d'origine (101)

seront analysés et transformés, permettant ainsi de diminuer la taille des données mémorisées dans le tampon (123) du portail (12).

Lorsqu'il lit le train binaire, un décodeur classique MPEG-4 identifie le début d'un plan codé, puis le type du plan. Pour éviter toute confusion entre un boîtier décodeur standard souvent appelé « Set Top Box ou STB », le décodeur standard MPEG-4 sera appelé « Lecteur » (« Player » ou « Viewer ») dans la suite du document. Ce Lecteur peut être réalisé en hardware et/ou en software. Le lecteur MPEG-4 décode successivement chaque macrobloc du plan. Le plan est reconstruit quand tous ses macroblocs ont été traités. S'il s'agit d'un plan I, il constitue un plan de référence pour les plans subséquents et il est stocké à la place du plan de référence le plus ancien. Les plans sont ainsi disponibles, sous forme numérique, pour post-traitement et affichage, au gré de l'application.

Dans le cas d'un programme audiovisuel de type MPEG-4, toutes les caractéristiques des plans P en provenance du serveur (1) ou du portail (12) ne sont pas transmises vers le module (8). En particulier, les caractéristiques conformes à l'invention sont les vecteurs de mouvement différentiels contenus dans les plans P.

Certains vecteurs de mouvement différentiels de ces plans P sont conservés dans le portail (12). Par contre, en lieu et place des vecteurs de mouvement différentiels de ces plans P non transmis, le dispositif conforme à l'invention intercalera de faux vecteurs de mouvement différentiels de même nature que les vecteurs de mouvement différentiels enlevés et conservés dans le portail (12) de sorte que le Lecteur standard MPEG-4 du module (8) ne soit pas perturbé par ces modifications qu'il ignorera et reconstituera en sortie un flux de sortie MPEG-

4 qui sera non correct du point de vue visuel pour un être humain mais correct du point de vue format MPEG-4.

Le Lecteur MPEG-4 du boîtier (8) est un Lecteur standard MPEG-4 et n'est en aucune manière modifié ou
5 affecté par les changements apportés aux plans P.

Comme le montre la figure 1, l'interface de connexion (9) est reliée à un réseau de télécommunication étendu (10), directement ou par un réseau local servant de réseau d'accès et est constitué par exemple d'une interface
10 de ligne d'abonné (Réseau téléphonique analogique ou numérique, DSL, BLR, GSM, GPRS, UMTS, etc).

Ainsi donc, les programmes audiovisuels sont diffusés de façon classique en mode multidiffusion (« broadcast ») via le réseau de transmission large bande
15 (4) de type hertzien, câble, satellite, numérique hertzien, DSL, etc. depuis le serveur (1) directement via la liaison (3bis) ou via le portail (12) via la liaison (2) et (3) vers le module décodeur (8) à travers la liaison (5). Chaque programme audiovisuel ainsi diffusé peut être crypté
20 ou non, et, conformément à la présente invention, les flux de type MPEG-4 comportent des modifications au niveau de certains plans P et ou B comme décrit ci-dessus. En fonction des paramètres choisis par l'utilisateur ou des informations transmises par le serveur de diffusion,
25 certains programmes audiovisuels ainsi modifiés et incomplets sont enregistrés dans le disque dur du boîtier (8).

Lorsque l'utilisateur désire visualiser un programme audiovisuel ainsi enregistré dans le disque dur de son
30 boîtier (8) il en fait la demande de façon classique au moyen d'une télécommande reliée à son boîtier (8) qui se connecte alors automatiquement au portail (12) via la liaison (9) de type réseau local ou accès direct et à

travers le réseau de télécommunication (10) lui-même relié au portail (12) via la liaison (11). Tout au long de la visualisation du programme audiovisuel, les liaisons (9) et (11) restent établies et permettent au boîtier (8) de recevoir les fonctions et les paramètres de remise en ordre des vecteurs de mouvement différentiels modifiés des plans P. Les vecteurs de mouvement différentiels modifiés des plans P ainsi transmis ne sont jamais enregistrés dans le disque dur du boîtier (8) car les plans P reconstitués sont directement affichés sur l'écran de visualisation (6) via la liaison (7) après avoir été traités par le Lecteur du boîtier (8) à partir de sa mémoire locale volatile. Une fois traités et visualisés, les vecteurs de mouvement différentiels modifiés et/ou manquants des plans P venant d'être transmis par le portail (12) seront effacés de la mémoire volatile locale du boîtier (8).

Selon un mode de réalisation particulier les valeurs d'origine des vecteurs de mouvement différentiels des plans P ainsi diffusés peuvent être cryptés ou non, par tout moyen de cryptage existant ou à venir. Il en est de même pour les algorithmes, les fonctions et les paramètres de remise en ordre des vecteurs de mouvement différentiels modifiés des plans P.

A chaque fois que l'utilisateur voudra regarder un programme enregistré dans le disque dur du boîtier (8) le boîtier (8) se connectera automatiquement vers le portail (12). De même lorsque l'utilisateur fera une pause, la transmission des vecteurs de mouvement différentiels modifiés des plans P en provenance du portail (12) sera interrompue jusqu'à la reprise de la visualisation, garantissant ainsi que toutes les informations d'un programme audiovisuel ne se retrouvent dans le boîtier (8) à un moment donné et évitant ainsi à une personne mal

intentionnée de faire des copies pirates de ces enregistrements.

Selon un mode de réalisation particulier, le boîtier (8) comprend un lecteur de cartes à puce qui
5 permettra au portail (12) d'authentifier l'utilisateur propriétaire du boîtier (8).

Selon un mode de réalisation particulier, pour un contenu MPEG-4 donné, la carte à puce contient ledit deuxième flux qui a été mémorisé par le portail (12).

10 Si cela est autorisé, la carte à puce permet également à l'utilisateur d'effectuer des copies privées des programmes audiovisuels enregistrés sur le disque dur de son boîtier décodeur (8). Pour cela, si l'utilisateur veut faire une copie privée d'un programme audiovisuel, il le fera de
15 façon classique sur un magnétoscope via la liaison (7) qui relie le boîtier (8) à l'écran de visualisation (6).

Toutefois, s'il désire conserver une copie privée dans le disque dur de son boîtier, il l'indiquera à son boîtier (8) qui enregistrera l'information « copie
20 privée » ainsi que les coordonnées de l'utilisateur se trouvant sur la carte à puce, dans un champ particulier (84) de ce programme audiovisuel enregistré sur le disque dur (85) du boîtier décodeur (8). Ensuite, chaque fois que l'utilisateur voudra visionner cette copie privée, le boîtier (8) se
25 connectera automatiquement au portail (12) et indiquera à ce dernier que l'utilisateur veut faire une lecture de sa copie privée ; en retour, si la lecture de la copie privée est possible pour cet utilisateur qui possède cette carte à puce reliée à ce boîtier (8), le boîtier décodeur (8) recevra
30 alors les vecteurs de mouvement différentiels modifiés et/ou manquants des plans P ainsi que toutes les autres informations permettant la visualisation du programme audiovisuel constituant la copie privée.

Selon un autre mode de réalisation, si l'utilisateur désire conserver une copie privée dans le disque dur de son boîtier, il l'indiquera au serveur qui enregistrera l'information « copie privée » pour ce programme dans la mémoire copie privée (124) du portail (12) et pour cet utilisateur authentifié par la carte à puce. Ensuite, chaque fois que l'utilisateur voudra visionner cette copie privée, le boîtier (8) se connectera automatiquement au portail (12) et indiquera à ce dernier que l'utilisateur veut faire une lecture de sa copie privée ; en retour, si la lecture de la copie privée est possible pour cet usager qui possède cette carte à puce et pour ce programme, le boîtier décodeur (8) recevra alors les vecteurs de mouvement différentiels manquants des plans P ainsi que toutes les autres informations permettant la visualisation du programme audiovisuel constituant la copie privée.

Selon un mode de réalisation particulier, la copie dite privée pourra permettre à l'utilisateur de regarder ce même programme audiovisuel de façon illimitée ou un nombre de fois déterminée à l'avance par l'offreur du service qui a autorisé cette copie privée.

La présente invention concerne également le boîtier physique (8) utilisé par le consommateur pour accéder aux données. Ce boîtier physique est situé au domicile de l'utilisateur. Il fournit un ensemble de fonctionnalités qui gèrent l'information appropriée à présenter selon la sélection de l'audience et gère la connexion et la communication avec le serveur distant.

Selon un mode de réalisation particulier le boîtier physique correspondant à l'agencement d'interfaçage vidéo (8) est réalisé comme un dispositif autonome fixe avec disque dur intégré.

Selon un mode de réalisation particulier le boîtier physique correspondant à l'agencement d'interfaçage vidéo (8) est réalisé comme un dispositif autonome portable (mobile) avec disque dur intégré et/ou lecteur de disques (CD, DVD, etc.).

Selon un mode de réalisation particulier le boîtier physique autonome (8) comprend un lecteur de cartes à puce.

Selon un autre mode de réalisation particulier l'agencement d'interfaçage vidéo (8) est réalisé comme une carte additionnelle qui sera installée dans un ordinateur de type PC et sera reliée à au moins une interface de réseau de transmission et de diffusion large bande (4) et à au moins une interface de réseau de télécommunication (10). Cette carte utilisera le disque dur de l'ordinateur PC pour l'enregistrement du premier flux, mais comportera son propre calculateur et sa propre mémoire volatile de façon à ne pas laisser à l'utilisateur du PC mal intentionné le moyen d'accéder aux informations complémentaires comme les vecteurs de mouvement différentiels modifiés des plans P du deuxième flux.

Selon la présente invention, les serveurs vidéo et multimédia (1) et/ou (12) comprennent des moyens de codage, de transcodage et de brouillage de données vidéo, en particulier des moyens d'ajouter des informations cryptographiques et de sécurité au début et tout au long des séquences.

Il est enfin à noter que l'invention dégrade le flux MPEG-4 du point de vue visuel jusqu'à ne plus permettre la reconnaissance des scènes transmises et affichées sans avoir accès aux données et caractéristiques complémentaires, mais reconstitue totalement le flux MPEG-4

dans l'agencement d'interfaçage vidéo (8) sans aucune perte.

Bien que la présente invention soit plus particulièrement axée sur les données audiovisuelles, il est entendu que toute information multimédia interactive et toutes données interactives peuvent être traitées par le présent agencement et le présent système, les données vidéo de type MPEG-4 étant les plus élaborées.

La présente invention sera mieux comprise grâce à la description suivante présentant la base physique de la présente invention et en référence à la figure 2 du dessin en annexe représentant un mode de réalisation préféré de cette dernière en tant qu'exemple non limitatif de réalisation particulièrement bien adaptée pour les réseaux câblés et de satellites. Le flux MPEG-4 (101) complet est analysé par le dispositif d'analyse (121) du portail (12) et sera ainsi séparé en un flux de type MPEG-4 mais dont une partie voire tous les vecteurs de mouvement différentiels des plans P auront été traités et qui sera envoyé via la sortie (122) du portail vers le réseau de diffusion transmission large bande (4).

L'autre partie du flux MPEG-4 modifié sera mémorisée dans la mémoire tampon (122) du portail (12). Pour chaque flux MPEG-4 ainsi diffusé, le portail (12) conservera dans une mémoire tampon (122) les modifications qui auront été apportées à ce flux MPEG-4 par l'analyseur (121) du portail (12). Il est précisé que, pour un même flux d'entrée MPEG-4 (101) le traitement du flux peut être différent pour chaque utilisateur (8) et/ou pour chaque groupe d'utilisateurs (8). Ainsi, la mémoire tampon (123) du portail (12) comprend une zone de mémoire différente pour chaque utilisateur.

Dans les exemples réalisés, pour un premier utilisateur, les vecteurs de mouvement différentiels de certains plans P du flux MPEG-4 sont modifiés ; pour un deuxième utilisateur, certains vecteurs de mouvement différentiel des plans P et de certains plans B du flux MPEG-4 sont modifiés; dans le troisième exemple, le dispositif (8) est portable (mobile).

Décrivons maintenant en détail les différentes étapes pour ce premier utilisateur.

10 Le portail (121) a choisi le flux MPEG-4 (101) qu'il va devoir envoyer à l'utilisateur (8) pour être regardé en différé sur son écran de télévision (6). Cet utilisateur est relié à un réseau câblé numérique de diffusion (4) et à un réseau de télécommunication ADSL
15 (10).

 Le système d'analyse (121) du portail (12) va donc lire le flux entrant MPEG-4 (101) et, chaque fois qu'il détecte un plan P, il le décompose en macroblocs, puis en blocs. Cette analyse lui permet de reconnaître dans
20 le code les vecteurs de mouvement différentiels, et de substituer certains d'entre eux par des valeurs aléatoires, afin de rendre les plans (et par conséquent la séquence) illisibles du point de vue visuel humain. Les vraies valeurs des vecteurs de mouvement différentiels seront
25 stockées dans le tampon de sortie (123), qui permettra plus tard la reconstitution de la séquence de départ dans le boîtier (8), en suivant le schéma inverse. Dans l'exemple réalisé, un macrobloc sur deux comporte un bloc (vecteurs de mouvement différentiels) modifié.

30 Le système d'analyse (121) inscrit alors la valeur du coefficient substitué du plan P modifié dans le tampon (123). Le système d'analyse (121) continue son analyse jusqu'à la fin du flux d'entrée MPEG-4.

Le nouveau flux MPEG-4 modifié est alors enregistré dans le tampon de sortie (122) pour être diffusé sur le réseau de diffusion (4) à travers la liaison (5). Les vecteurs de mouvement différentiels substitués des plans P modifiés du flux MPEG-4 entrant (101) sont mémorisés dans le tampon (123) du portail (12).

Pendant ce temps, et de façon totalement non synchronisée, le flux de sortie MPEG-4 modifié en provenance du tampon de sortie (122) du portail (12) est diffusé via le réseau large bande (4) vers un ou plusieurs utilisateurs (8).

Chaque boîtier décodeur autorisé (8) qui souhaite enregistrer ce flux MPEG-4 ainsi modifié peut alors lire ce flux MPEG-4 et l'enregistrer sur son disque dur (85). Cette initiative d'enregistrement est laissée au décodeur (8) sous le contrôle du portail (12). Pour cela, le système d'analyse (121) avait inscrit au début du flux MPEG-4, une information de données supplémentaires qui précisait les destinataires de ce flux MPEG-4 modifié. Les destinataires peuvent être ainsi un destinataire (8) particulier et lui seul, un groupe de destinataires (8) ou l'ensemble des décodeurs (8) reliés au réseau (4).

La phase décrite ci-dessus correspond à la première phase de préparation du flux MPEG-4 par le portail (12), à sa transmission via le réseau large bande (4) et à son enregistrement dans un décodeur (8). Ce décodeur peut alors afficher ce flux MPEG-4 enregistré dans son disque dur (85). Pour cela, le système de synthèse (87) du décodeur (8) va lire le fichier MPEG-4 depuis son disque dur (85) et va l'envoyer vers un lecteur classique MPEG-4 (81). Si aucune donnée complémentaire n'est reçue par le système de synthèse (87), alors le flux MPEG-4 qui parvient au lecteur (81) est traité et affiché tel quel, ce qui

provoque une distorsion importante de l'affichage sur l'écran de visualisation (6). En effet, les plans P modifiés qui sont traités par le système de synthèse (87) ne correspondent pas aux plans P qui sont nécessaires pour
5 une visualisation correcte, puisque certains vecteurs de mouvement différentiels ont été substitués par des vecteurs de mouvement différentiels aléatoires. Par contre, comme le flux enregistré est bien un flux de type MPEG-4, le lecteur (81) ne fait aucune différence et affiche les informations
10 sur l'écran de sortie (6) qui apparaissent bien comme des données d'un flux vidéo MPEG-4 mais totalement incohérentes à l'être humain qui regarde l'écran (6). Toute copie du flux MPEG-4 en provenance du disque dur (85) du boîtier (8) produira le même effet visuel lors de sa restitution par un
15 lecteur MPEG-4 quelconque ; toute utilisation de cette copie qui serait mal intentionnée est donc vouée à l'échec.

Lorsque l'utilisateur du décodeur (8) veut réellement visualiser sur son écran (6) le programme audiovisuel enregistré sur son disque dur (85), il en fait
20 la demande au système de synthèse (87) avec sa télécommande comme il le ferait avec un magnétoscope ou un lecteur de DVD présentant un menu sur son écran de télévision. Le système de synthèse (87) fait alors une requête au disque dur (85) et commence à analyser le flux MPEG-4 modifié en
25 provenance du disque dur (85) via le tampon de lecture (83). Le système de synthèse (87) établit alors une liaison avec le portail (12) via le réseau de télécommunication (10) qui est dans notre exemple une liaison DSL. Une fois cette liaison établie, et pendant toute la durée de
30 visualisation du film ou du programme audiovisuel, le système de synthèse (87) fait parvenir de la mémoire tampon (123) du serveur (12) les vecteurs de mouvement différentiels substitués et les données correspondant aux

plans P modifiés du flux enregistré sur le disque dur (85). Ces vecteurs de mouvement différentiels et ces données de position parviennent au système de synthèse (87) via la mémoire tampon d'entrée (86) et sont stockées temporairement dans la mémoire volatile (88) du système de synthèse (87). A partir du flux MPEG-4 modifié qui parvient via le tampon (83) et à partir des vecteurs de mouvement différentiels et des données associées qui parviennent via le tampon (86) dans la mémoire (88), le système de synthèse (87) reconstitue de façon inverse au processus d'analyse décrit précédemment, les plans P modifiés par les plans P réels, et envoie le nouveau flux MPEG-4 ainsi reconstitué vers le lecteur (81) pour être affiché correctement sur l'écran (6). Dès leur utilisation, les vecteurs de mouvement différentiels à substituer et les données associées à ces plans P sont effacés de la mémoire volatile (88).

Dans l'exemple réalisé, avant que le portail (12) n'autorise l'envoi des plans P et des données associées depuis son tampon (123), le portail (12) a vérifié que l'utilisateur du boîtier (8) était bien autorisé à le faire. Pour cela, le portail (12) lit les informations contenues sur la carte à puce (82) du boîtier (8) et vérifie que cet utilisateur est bien autorisé à regarder ce programme audiovisuel. Ce n'est qu'après cette vérification, que les vecteurs de mouvement différentiels et les données associées sont envoyés depuis le tampon (123) vers le boîtier (8) correspondant à cet utilisateur via le réseau (10).

Dans l'exemple réalisé, l'utilisateur a fait en plus une copie privée de son programme audiovisuel. Le système de synthèse (87) a donc inscrit dans une partie (84) du disque dur (85) des données complémentaires ainsi

que le numéro de la carte à puce (82) et l'information « copie privée » comme données associées à ce programme audiovisuel. Lors de la prochaine lecture privée de ce programme audiovisuel, le système de synthèse (87) analysera ces données associées et informera ainsi le portail (12) que l'utilisateur du décodeur (8) fait une lecture de la copie privée. Si cette fonction est autorisée pour cet utilisateur (8) par le portail (12), les vecteurs de mouvement différentiels et les données associées seront alors envoyées par le portail (12) vers le tampon (86) comme décrit ci-dessus. Dans le cas contraire, les vecteurs de mouvement différentiels et les données associées ne seront pas envoyés et l'utilisateur du décodeur (8) ne pourra pas regarder le flux MPEG-4 reconstitué.

Décrivons maintenant en détail les différentes étapes pour le deuxième utilisateur (8).

Dans ce deuxième cas, le réseau de diffusion (4) est un réseau de satellites et le réseau de télécommunication (10) est un système de téléphonie cellulaire de faible bande passante de type GSM.

De façon identique à la description ci-dessus, l'utilisateur du décodeur (8) va recevoir les flux MPEG-4 et les données complémentaires depuis le portail (12).

Par contre, dans l'exemple réalisé, au lieu de modifier chaque plan P, le système d'analyse (121) ne prend qu'un plan P sur n où n est un nombre aléatoire compris entre 1 et 12 et prend en compte des B. Ainsi, avant l'envoi du flux MPEG-4 à partir du tampon de sortie (122), le système d'analyse (121) va lire le flux d'entrée MPEG-4 (101) et après tirage du nombre aléatoire n, le système de synthèse modifie les vecteurs de mouvement différentiels au nième plan P du flux MPEG-4. Après chaque plan P ainsi modifié, le système d'analyse (121) va faire un nouveau

tirage d'un nombre n aléatoire. Chaque nombre aléatoire ainsi utilisé est enregistré dans le tampon (123) du portail (12). Pour les plans B, le système d'analyse (121) prend en compte un plan B sur m où m est un nombre
5 aléatoire compris entre 1 et 5, dans une trame pour laquelle le plan P n'a pas été modifié.

Le système d'analyse (121) du portail (12) lit le flux entrant MPEG-4 (101) et, chaque fois qu'il détecte un nième plan P ou un mième plan B, il le décompose en
10 macroblocs, puis en blocs. Cette analyse lui permet de reconnaître dans le code les vecteurs de mouvement différentiels, et de substituer certains d'entre eux par des valeurs aléatoires, afin de rendre les plans (et par conséquent la séquence) illisibles du point de vue visuel
15 humain. Les vraies valeurs des vecteurs de mouvement différentiels seront stockées dans le tampon de sortie (123), qui permettra plus tard la reconstitution de la séquence de départ dans le boîtier (8), en suivant le schéma inverse.

20 De plus, dans ce deuxième exemple réalisé, tous les vecteurs de mouvement différentiels de ce nième plan P ne seront pas modifiés. Seul un macrobloc sur deux comporte un bloc (vecteurs de mouvement différentiels) modifié, tout en respectant l'égalité des fréquences de modification pour
25 les six blocs d'un macrobloc. De plus, la substitution de chaque vecteur de mouvement différentiel se fait par un vecteur de mouvement différentiel calculé de façon aléatoire, mais sa valeur est comparée à la valeur du vecteur de mouvement différentiel à substituer de façon à
30 vérifier son écart. Si cet écart est trop faible, un autre nombre aléatoire est calculé de façon à augmenter l'écart entre le vecteur à substituer et le vecteur de substitution.

Il en est de même pour les plans B.

Pour la reconstitution du flux MPEG-4, le décodeur (8) lit les tampons (86) et (87) et décode les éléments de données du train binaire, conformément à la syntaxe définie.

Lorsqu'il lit le train binaire, le décodeur identifie le début d'un plan codé, puis le type de plan. Il décode successivement chaque macrobloc du plan. Le type de macrobloc et les vecteurs de mouvement sont utilisés pour construire une prédiction du macrobloc courant, basée sur des plans de référence antérieurs et futurs qui ont été stockés dans le décodeur. Les données des vecteurs de mouvement différentiels sont décodées. Le résultat est ajouté au signal de prédiction, avec une dynamique définie. Avant d'envoyer le flux MPEG-4 au lecteur (81), le système de synthèse (87) remplace les vecteurs de mouvement différentiels des plans P et B qui ont été substitués par ceux du flux provenant du tampon (86).

Lors de la reconstitution du flux MPEG-4 par le système de synthèse (87) du décodeur (8), la lecture de ces nombres aléatoires et des vecteurs de mouvement différentiels substitués depuis le tampon de sortie (123) du portail (12) et la lecture du flux MPEG-4 ainsi modifié depuis le disque dur (85) du boîtier (8) permettent au système de synthèse (87) de reconstituer les plans P et B et d'envoyer le tout au lecteur (81).

Le plan est reconstruit par le lecteur (81) quand tous ces macroblocs ont été traités. S'il s'agit d'un plan P ou d'un plan B, il constitue un plan de référence pour les plans subséquents et il est stocké à la place de l'ancien plan de référence. Dans l'exemple réalisé pour cet utilisateur, il a été constaté que le deuxième flux demandait une bande passante inférieure à un pour mille de

la bande passante nécessaire pour transmettre le flux MPEG-4 de haute qualité, soit moins de un kilobits par seconde pour le deuxième flux vis-à-vis de un mégabits par seconde pour le premier flux MPEG-4.

5 Décrivons maintenant en détail les différentes étapes pour ce troisième utilisateur.

Dans cette réalisation, le flux MPEG-4 est traité par le système d'analyse (12) de la même manière que le flux MPEG-4 de la deuxième réalisation.

10 Toutefois, le premier flux MPEG-4 modifié est inscrit et enregistré sur un support physique (20) de type CD à partir de la mémoire tampon de sortie du système d'analyse (12).

Le deuxième flux est mémorisé dans le tampon
15 (123) et est également enregistré en plus sur un support physique (10bis) de format carte de crédit constitué par une carte à puce et une mémoire flash. Cette carte (10bis) sera lue par lecteur de carte (82) du dispositif (8). Le dispositif (8) est un système autonome, portable et mobile.
20 Dans la réalisation, le dispositif (8) comprend le système de synthèse (87), le lecteur standard MPEG-4 (81), les deux mémoires tampons (86) et (83) ainsi que le lecteur de disque (85).

Le dispositif (8) comprend en plus un écran
25 intégré (6bis) de type écran plat qui permet à l'utilisateur de visionner directement ses programmes audiovisuels sur son dispositif (8) autonome.

Pour visualiser un programme audiovisuel de type MPEG-4, l'utilisateur du dispositif (8) introduit dans
30 son lecteur de disque (85) un disque (20bis) de type (20) identique à celui enregistré par le système d'analyse (12). Ce disque (20bis) contient ainsi un flux MPEG-4 de type

premier Flux, c'est-à-dire avec les vecteurs de mouvement différentiels de certains plans P et/ou B substitués.

L'utilisateur du dispositif (8) peut donc visualiser ce flux MPEG-4 sur son écran (6bis) intégré à son dispositif. Toutefois, en raison de la substitution des vecteurs de mouvement différentiels, le flux MPEG-4 ne sera pas correct du point de vue visuel. Pour rendre le flux correct visuellement, l'utilisateur introduit dans le lecteur de carte à puce (82) la carte mémoire (10bis) contenant le deuxième flux avec les vecteurs de mouvement différentiels. Le système de synthèse reconstitue alors le flux MPEG-4 correct à partir du premier flux provenant du disque (20bis) et du deuxième flux provenant de la carte (10bis) connectée au lecteur (82).

Dans un agencement particulier, la carte à puce (10bis) contient également les applications et les algorithmes qui seront exécutés par le système de synthèse (87).

Dans un autre agencement particulier, la carte à puce (10bis) contient les données et les vecteurs de mouvement différentiels de plusieurs deuxième flux pour la reconstitution de plusieurs flux MPEG-4.

Dans un agencement particulier, le dispositif (8) comprend une liaison cellulaire vers un réseau GSM (10).

REVENDICATIONS

1 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon un format de flux nominal destiné à décrire une pluralité
5 de scènes audiovisuelles, chaque scène étant constituée d'une pluralité d'objets audiovisuels hiérarchisés et d'un descripteur de ladite hiérarchie et des relations spatiales et temporelles entre lesdits objets, chaque objet vidéo comprenant au moins un plan numérique P, caractérisé en ce
10 que l'on procède, avant la transmission à l'équipement client, à une analyse du flux pour générer un premier flux modifié, présentant le format d'un flux nominal et dont les plans P, B ou S(GMC) contiennent des macroblocs dont toutes ou une partie des valeurs des vecteurs de mouvement ont été
15 modifiées, et un deuxième flux d'un format quelconque, comportant les informations numériques aptes à permettre la reconstruction desdits plans modifiés, puis à transmettre séparément les deux flux ainsi générés depuis le serveur vers l'équipement destinataire, et en ce que l'on calcule
20 sur l'équipement destinataire une synthèse d'un flux au format nominal en fonction dudit premier flux et dudit deuxième flux.

2 - Procédé pour la distribution de séquences
25 vidéos selon la revendication 1, caractérisé en ce que le format de flux nominal est défini par la norme MPEG-4.

3 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon l'une des revendications précédentes,
30 caractérisé en ce que ledit premier flux modifié présente des plans P, B ou S(GMC) dont toutes ou une partie des valeurs des vecteurs de mouvement ont été modifiées par la substitution de certaines valeurs des vecteurs de

mouvement par des valeurs de même nature mais aléatoires, et que ledit deuxième flux comporte les valeurs des vecteurs de mouvement substituées et les informations numériques aptes à permettre la reconstruction desdits plans modifiés.

4 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite analyse décide des valeurs des vecteurs de mouvement à modifier en fonction de la taille voulue pour ledit deuxième flux et de la dégradation désirée pour ledit premier flux modifié.

5 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la transmission dudit premier flux est réalisée à travers un réseau large bande [câble, satellite, numérique hertzien, fibre optique, DSL (Digital Subscriber Line), BLR (boucle locale radio)] ou DAB [Digital Audio Broadcasting].

6 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la transmission dudit deuxième flux est réalisée à travers un réseau téléphonique commuté (RTC analogique ou numérique), ou à travers un réseau de type DSL (Digital Subscriber Line) ou à travers un réseau BLR (boucle locale radio) ou à travers un réseau téléphonique mobile utilisant les normes GSM, GPRS ou UMTS.

7 - Procédé pour la distribution de séquences vidéos selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la transmission dudit deuxième flux est réalisée à

travers un support matériel distribué physiquement [carte à mémoire flash, carte à puce].

8 — Equipement pour la fabrication d'un flux
5 vidéo en vue de la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant au moins un serveur multimédia contenant les séquences vidéos originelles et caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'analyse du flux vidéo provenant dudit serveur pour générer les deux
10 flux.

9 — Système pour la transmission d'un flux vidéo selon les revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend un équipement de production d'un flux vidéo,
15 au moins un équipement d'exploitation d'un flux vidéo et au moins un réseau de communication entre l'équipement de production et le(s) équipement(s) d'exploitation.